



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
高等院校统计学精品课教材系列

统计学

(第二版)

徐国祥 主编



格致出版社
上海人民出版社



普通高等教育“十二五”国家级规划教材
高等院校统计学精品课教材系列

统 计 学

(第二版)

徐国祥 主编

世纪出版集团 上海人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

统计学/徐国祥主编. —上海:格致出版社;上海
人民出版社,2014
高等院校统计学精品课教材系列
ISBN 978-7-5432-2405-6

I. ①统… II. ①徐… III. ①统计学-高等学校-教
材 IV. ①C8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 134247 号

丛书策划 谷 雨
责任编辑 钱 敏
装帧设计 钱宇辰

高等院校统计学精品课教材系列

统计学(第二版)

徐国祥 主编

出 版 世纪出版股份有限公司 格致出版社
世纪出版集团 上海人民出版社

(200001 上海福建中路 193 号 www.ewen.cc)



编辑部热线 021-63914988

市场部热线 021-63914081

www.hibooks.cn

发 行 上海世纪出版股份有限公司发行中心

印 刷 上海商务联西印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16

印 张 27

插 页 1

字 数 550,000

版 次 2014 年 9 月第 1 版

印 次 2014 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5432-2405-6/F·760

定价:43.00 元

高等院校统计学精品课教材编委会

主任

徐国祥 上海财经大学教授、博导

委员(以姓氏笔画排列)

王振龙 西安财经学院教授、博导

史代敏 西南财经大学教授、博导

艾春荣 上海财经大学统计系教授、博导

美国佛罗里达大学教授

刘建平 暨南大学教授、博导

刘 洪 中南财经政法大学教授

向书坚 中南财经政法大学教授、博导

纪 宏 首都经济贸易大学教授、博导

许 鹏 湖南大学教授、博导

余思勤 上海海事大学教授、博导

李宝瑜 山西财经大学教授、博导

李金昌 浙江工商大学教授、博导

杨 灿 厦门大学教授、博导

肖红叶 天津财经大学教授、博导

苏卫华 浙江工商大学教授、博导

邱 东 中央财经大学教授、博导

庞 皓 西南财经大学教授、博导

林 洪 广东商学院教授、博导

罗良清 江西财经大学教授、博导

金勇进 中国人民大学教授、博导

贺 铿 中央财经大学教授、博导

袁 卫 中国人民大学教授、博导

曾五一 厦门大学教授、博导

蒋 萍 东北财经大学教授、博导

谢邦昌 台湾辅仁大学统计咨询系教授、博导

韩兆州 暨南大学教授、博导

雷钦礼 暨南大学教授、博导

第二版前言

作为教育部普通高等教育“十一五”国家级规划教材的《统计学》，以及辅助教材《〈统计学〉学习指导与习题》，自 2007 年出版以来，分别印刷了 8 次和 4 次，得到了全国各高等院校有关专业师生和社会的极大关注和充分肯定，并获得了上海市优秀教材一等奖等荣誉。2012 年，我们将《统计学》和《〈统计学〉学习指导与习题》作为教育部普通高等教育“十二五”国家级规划教材进行申报，并得到了教育部的批准。

然而，根据有关院校师生的反映和提出的建议，以及在教学实践中碰到的问题，我们认为对本教材有修订、补充和完善的必要，以满足新形势下教学的需要。本教材是在第一版的基础上，修订成第二版。

本教材编写和修订的目的在于构建一个适合大学经济学专业和统计学专业本科生所必须具备的统计理论体系和知识结构。本教材以统计方法体系为经，以实际应用为纬，全面系统地阐述了描述统计和推断统计的理论、方法和应用，力求做到把方法和应用问题有机地、富有逻辑地组合安排，使其编排顺序清楚，条理清晰，结构严谨，使学生不但知其然，而且知其所以然。因此，本教材具有很强的科学性、完整性和逻辑性。

辅助教材《〈统计学〉学习指导与习题》的编写体系由各章基本内容、例题分析、各种类型习题、习题答案和模拟试题五部分构成。各章基本内容给出了各章标题下学生学习时应掌握的主要内容，例题分析则给出了主要习题的解题思路和基本方法，而各种类型的习题训练则帮助学生在过程中巩固所学知识。书后的十二套模拟试题可测试学生对教材的综合理解能力，这些练习的设计，都对培养学生提出问题、思考问题、分析问题和解决问题的能力极有帮助。

本教材编写和修订时，力求强调统计思想，摒弃了一些不必要的数学证明和公式推导，做到通俗易懂、由浅入深、由表及里。本教材在强调各种方法的假设前提、应用条件和适用场合的同时，都配有具体案例或例子说明其应用过程，并以图形和表格的形式从直观上和逻辑上进行解释，便于读者理

解,有利于教师教学。同时,本教材在一些计算复杂的内容中给出了计算机的运行结果。每章结束后附有小结和思考与练习,并提供了部分练习的参考答案。因此,本教材具有很强的实用性和可操作性。

总之,本教材体系完整,已与国际上的同类优秀教材接轨。教材编写思路清晰,以描述统计和推断统计为主线,以统计学的基本理论、基本方法及其在经济、金融、管理等领域的应用为重点,真正做到了理论联系实际,可作为高等院校经济、管理类等专业的基础必修课教材。本教材内容阐述由浅入深,案例和例子丰富,还配有教学 PPT 和《〈统计学〉学习指导与习题》一书,便于老师教学,以及学生自学。

《统计学》第二版由上海财经大学应用统计研究中心主任、上海财经大学统计与管理学院徐国祥教授主编和主笔,并负责全书的框架设计、大纲编写和书稿审定。在编写过程中,有关同仁对本书提出了许多宝贵的修改意见,在此表示谢意。在本次修订过程中,得到了格致出版社的大力支持,在此向范蔚文社长和钱敏编辑表示感谢。尤其要感谢谷雨女士一直以来对本教材出版和修订的支持以及付出的努力。

限于水平,本教材第二版难免存在不尽如人意之处,恳切希望广大教师 and 同学提出宝贵意见,以使其更臻完善。

徐国祥

2014 年 8 月

第一版前言

本书的第一版和第二版在高等教育出版社出版后,经过教学实践的检验,得到了教师和学生们的的一致好评,被评为“中华人民共和国教育部推荐教材”,并获“上海市优秀教材一等奖”、“上海汽车工业教育基金会优秀著作二等奖”和“上海财经大学优秀教材一等奖”。斗转星移,虽然相隔几年的时间,但无论是统计学的内容,还是高等学校教学实践,或是具体部门的实际应用,都发生了很大的变化,学生的基础和教学目标也比以往更高。这些新的变化和情况,迫切要求有一种新的教材以满足日常教学用书的需要。本书就是顺应这一要求,申报了教育部“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”,并得到了批准。本书是在原有《统计学》一书的基础上重新修订编写的。

本书所论述的统计学,是专指统计学原理。统计学原理所研究的是关于统计学的基本理论、基本原则和基本统计方法。这些方法既可用于对社会现象的数量方面的研究,也可用于对自然现象的数量方面的研究,它是各种应用统计学的共同基础。统计学是高等院校经济、管理、工程、统计等专业必须开设的专业基础课之一。本书可供高等院校上述专业的教学和MBA学生使用,也可作为函授教材及各类从事经济管理工作的专业人员的培训和自学教材。

本书具有以下几个方面的特点。

1. 使用先进的教学方法和手段,借助现代信息技术,改革传统的思想观念、教学方法、教学手段和教学原理。除《统计学》教材之外,我们制作了该课程的PowerPoint教学课件及辅助教材,如《统计学学习指导与习题》,包括基本内容、例题分析、习题解答及模拟试题解答。同时,我们将在上海财经大学网站上发布相关教学大纲、教学内容和课件,及相关案例分析等内容,有条件时对有关章节进行视频教学。

2. 从理论上讲,统计学可分为描述统计和推断统计两部分内容。本书在阐述描述统计的同时,尤其强调了推断统计的理论、方法及其应用。

这是因为随着我国社会主义市场经济体制的建立,经济和管理现象日益复杂,在市场情况瞬息万变的环境中,有许多事情要求对不肯定的事物作出决策,因而就必须在不完全观察资料的基础上对所关心的指标作出可靠的推断。而推断统计正是处理这类问题的有效工具。因此,强调推断统计,是市场经济发展的必然要求。读者掌握推断统计的基本知识,是刻不容缓的。为此,我们在阐述描述统计的基本内容的同时,增加了概率、概率分布、抽样分布、参数估计、假设检验和非参数统计等内容。

3. 本书是按一个完整统计过程中的各个顺序着手编写的。一个完整的统计过程包括对统计资料的搜集、整理、归纳、分析,并借助这些资料进行推断和决策。其中概率、概率分布和抽样分布是实现描述统计过渡到推断统计的桥梁。加入这些内容的好处是,可使本书的整体框架更严密,统计工作顺序与数学逻辑结合得更紧密,统计思想表现得更清晰,对有关内容的理论和方法可阐述得更具体、更深刻。同时,也为我们讲明各种方法在各个领域(尤其是经济、管理、工程领域)中的应用条件和特点提供了极其有利的条件,使读者不但知其然,而且知其所以然。因此,本书具有很强的科学性、完整性和逻辑性。

4. 本书力求强调统计思想,摒弃了一些不必要的数学证明和公式推导,做到通俗易懂、由浅入深、由表及里。在对各种具体方法作必要的阐述之后,都配有具体案例或例子说明其应用过程,并以图形和表格的形式从直观上和逻辑上进行解释,便于读者理解,有利于教师教学。同时,在一些计算复杂的内容中给出了计算机的运算结果。每章结束后附有小结和思考与练习,并提供了部分练习的参考答案。因此,本书具有很强的实用性和可操作性。

本书由上海财经大学统计学系教授、上海财经大学应用统计研究中心主任徐国祥博士主编和主笔,并负责全书整体框架和编写大纲的设计以及全书的修改、总纂和定稿工作。常宁、牟嫣、李宇海也参加了部分内容的编写,并参与了一些整理书稿的工作。本书的 PowerPoint 教学课件由徐国祥、马俊玲和赵宁编写,尤其是赵宁付出了辛勤的劳动。本书的系列辅助教材《〈统计学〉学习指导与习题》由徐国祥、牟嫣、王博、陈颖、郭蔚婷、董蕾和丁小燕编写,尤其是牟嫣和王博贡献较大。

本书为教育部普通高等教育“十一五”国家级规划教材。本书的编写得到了国家教育部“新世纪优秀人才”支持计划(Supported by Program for New Century Excellent Talents in University, NCET)、上海财经大学应用统计研究中心和上海世纪出版股份有限公司高等教育图书公司的资助,以及何元龙总经理、孙素青副总编和谷雨策划编辑的大力支持和帮助,在此深表谢意!

在本书的编写过程中,我们参考了许多国内外的统计学著作和论文,在本书的附录中列出了参考文献,若有遗漏,万望见谅。由于我们的水平有限,本书中难免有不尽如人意之处,恳切希望广大教师和读者提出宝贵意见。

编 者

目 录

第 1 章 总 论	1
第一节 统计学的产生和发展	1
第二节 统计学的研究对象和研究方法	4
第三节 统计学的要素和内容	7
本章小结	11
思考与练习	12
第 2 章 统计资料的搜集和整理	13
第一节 统计调查的概念和方案的设计	13
第二节 统计调查的方式和方法	15
第三节 问卷的设计	20
第四节 统计分组	24
第五节 频数分布和统计表	26
本章小结	33
思考与练习	34
第 3 章 集中趋势和离散趋势	35
第一节 集中趋势的测度	35
第二节 离散趋势的测度	45
本章小结	58
思考与练习	59
第 4 章 相对指标和指数	63
第一节 相对指标	63
第二节 指数的概念和分类	68
第三节 总指数的编制方法	69
第四节 我国物价指数的编制和应用	76
第五节 指数因素分析法的评价、改进及其应用	88

本章小结	99
思考与练习	100
第5章 概 率	104
第一节 基本概念	104
第二节 概率的定义	107
第三节 概率的基本运算法则	109
第四节 全概率公式和贝叶斯定理	116
本章小结	122
思考与练习	123
第6章 概率分布	125
第一节 随机变量及其概率分布的基本问题	125
第二节 三种常用的离散型随机变量的概率分布	137
第三节 正态分布	149
本章小结	158
思考与练习	159
第7章 抽样和抽样分布	161
第一节 抽样及抽样中的几个基本概念	161
第二节 随机抽样设计	164
第三节 样本平均数的抽样分布	168
第四节 两个样本平均数之差的抽样分布	176
第五节 样本比率的抽样分布	179
第六节 两个样本比率之差的抽样分布	181
第七节 t 分布、 χ^2 分布和 F 分布	183
本章小结	187
思考与练习	188
第8章 参数估计	189
第一节 参数估计概述	189
第二节 总体平均数的区间估计	192
第三节 两个总体平均数之差的区间估计	196
第四节 总体比率和两个总体比率之差的区间估计	199

第五节	样本容量的确定	202
第六节	正态总体方差和两个正态总体方差比的区间估计	204
	本章小结	207
	思考与练习	207
第 9 章	假设检验	209
第一节	假设检验的基本问题	209
第二节	总体平均数的假设检验	214
第三节	两个总体平均数之差的假设检验	218
第四节	总体比率的假设检验	222
第五节	总体方差的假设检验	226
	本章小结	229
	思考与练习	229
第 10 章	非参数统计	231
第一节	非参数统计的概念和特点	231
第二节	χ^2 检验	232
第三节	成对比较检验	240
第四节	曼-惠特尼 U 检验	244
第五节	游程检验	247
第六节	等级相关检验	249
第七节	多个样本的检验	251
	本章小结	257
	思考与练习	258
第 11 章	相关分析与回归分析	263
第一节	相关分析	263
第二节	一元线性回归分析	267
第三节	多元线性回归分析	278
第四节	非线性回归分析	286
第五节	应用回归预测时应注意的问题	291
	本章小结	293
	思考与练习	294

第 12 章 时间序列分析和预测	297
第一节 时间序列分解法	297
第二节 时间序列趋势外推法	303
第三节 时间序列自回归预测法	321
本章小结	324
思考与练习	325
第 13 章 统计决策	328
第一节 统计决策的一般问题	328
第二节 风险型决策方法	334
第三节 贝叶斯决策方法	351
第四节 不确定型决策方法	358
本章小结	372
思考与练习	373
附 录	375
附表 1 二项累积分布函数的一部分数值表	375
附表 2 二项概率分布的一部分数值表	380
附表 3 泊松累积分布的一部分数值表	386
附表 4 正态分布的密度函数表	391
附表 5 正态分布的分布函数表	392
附表 6 随机数表	393
附表 7 t 分布表	394
附表 8 χ^2 分布表	395
附表 9 F 分布表	397
附表 10 威尔科克森 T 值	406
附表 11 曼-惠特尼检验, U 的临界值	407
附表 12 游程检验中的 r 的临界值表	408
附表 13 相关系数检验表	410
部分练习参考答案	412
参考文献	418

总 论

总有一天,对追求效率的公民而言,统计思想将与言谈能力一样必要。

——H. G. 威尔斯

人类的统计实践是随着记数活动而产生的。因此,对统计发展的历史可追溯到远古的原始社会。但是,能使人类的统计实践上升到理论予以概括总结的程度,即成为一门系统的科学——统计学,却是近代的事情,距今只有 300 多年的短暂历史。回顾一下统计科学的渊源及其发展过程,对于我们了解统计学的研究对象和性质,学习统计学的理论和方法,以及提高我们的统计实践和理论水平,都是十分必要的。

第一节 统计学的产生和发展

最早的统计是作为国家重要事项的记录,比如,从约公元前 21 世纪夏王朝开始,中国的统计不仅详细记录重大历史活动成果,而且明显地被新兴的奴隶制国家用作治国的手段;又如,在古代埃及、希腊和罗马的历史中,也有关于国情国力的记载。统计实践经过漫长的历史长河,尤其是经过封建社会末期经济的发展,客观上需要从理论上加以概括和总结。从统计学的产生和发展过程来看,可以把统计学划分为 3 个时期:统计学的萌芽期、统计学的近代期和统计学的现代期。

一、统计学的萌芽期

统计学的萌芽期始于 17 世纪中叶至 18 世纪中、末叶,当时主要有国势学派和政治

算术学派。

(一) 国势学派

统计学的萌芽最初在当时欧洲经济发展较快的意大利孕育良久,但最终却在 17 世纪的德国首先破土成芽。这个时期的代表人物是康令(H. Conring)、阿亨瓦尔(G. Achenwall)和斯廖采尔等。他们在大学中开设了一门新课程,最初叫做“国势学”。我们把从事这方面研究的德国学者称为国势学派。他们所做的工作主要是对国家重要事项的记录,因此又被称为记述学派。这些记录记载着关于国家组织、人口、军队、领土、居民职业以及资源财产等事项,几乎完全偏重于品质的解释,而忽视了量的分析。严格地说,这一学派的研究对象和研究方法都不符合统计学的要求,只是登记了一些记述性材料,藉以说明管理国家的方法。

当然,国势学派对统计学的创立和发展还是作了不少贡献的:首先,国势学派为统计学这门新兴的学科起了一个至今仍为世界公认的名词“统计学”(statistics),并提出了至今仍为统计学者所采用的一些术语,如“统计数字资料”、“数字对比”等。国势学派建立的最重要的概念就是“显著事项”,它实际上是建立统计指标和使统计对象数量化的重要前提;其次,国势学派在研究各国的显著事项时,主要是系统地运用对比的方法来研究各国实力和强弱,统计图表实际上也是“对比”思想的形象化的产物。

(二) 政治算术学派

统计理论在英国与德国几乎同时产生,由于两国的社会背景、经济水平和思想渊源的不同,其统计理论亦各具特色。在英国,当时从事统计研究的人被称为政治算术学派。虽然政治算术学派与国势学派的研究,都与各国的国情、国力这一内容有关,但国势学派主要采用文字记述的方法,而政治算术学派则采用数量分析的方法。因此,从严格意义上来说,政治算术学派作为统计学的开端更为合适。17 世纪的英国学者威廉·配第(W. Petty)在他所著的《政治算术》一书中,对当时的英国、荷兰、法国之间的“国富和力量”进行数量上的计算和比较,做了前人没有做过的从数量方面来研究社会经济现象的工作。正是在这个意义上,马克思称配第是“政治经济学之父,在某种程度上也可以说是统计学的创始人”。

配第的朋友约翰·格朗特(J. Graunt),当时也从事了 50 多年来伦敦市人口出生和死亡的计算工作,写出了第一本关于人口统计的著作。从此,统计的含义从记述转变为专指“量”的方面来说明国家的重要事项。这就为统计学作为一种从数量方面认识事物的科学方法开辟了广阔的发展前景。

政治算术学派在统计发展史上有着重要的地位。首先,它并不满足于社会经济现象的数量登记、列表、汇总、记述等传统的统计过程,而是进而要求把这些统计资料加以全面系统地总结,并从中提炼出某些理论原则。这个学派在搜集资料方面,较明确地提出了大量观察法、典型调查、定期调查等思想;在处理资料方面,较为广泛地运用了分类、制表及各种指标来浓缩与显现数量资料的内含信息。其

次,政治算术学派第一次有意识地运用可度量的方法,力求把自己的论证建立在具体的、有说服力的数字上面,依靠数量的观察来解释与说明社会经济生活。然而,政治算术学派在很大程度上毕竟还处于统计核算的初创阶段,它只能从简单的、粗略的算术方法来对社会经济现象进行计量和比较。

二、统计学的近代期

统计学的近代期始于18世纪末至19世纪末,在这时期的统计学主要有数理统计学派和社会统计学派。

(一) 数理统计学派

最初的统计方法是随着社会政治和经济的需要而初步得到发展的,直到概率论被引进之后,才逐渐形成为一门成熟的科学。在统计发展史上,最初卓有成效地把古典概率论引进统计学领域的,是法国的天文学家、数学家、统计学家拉普拉斯(P. S. Laplace)。他发展了对概率论的研究,推广了概率论在统计中的运用,明确了统计学的大数定律,并进行了大样本推断的尝试。

随着资本主义经济的发展,逐步形成了近代文化高度发达的一个突出标志,就是统计事业走向昌盛。正是由于比利时统计学家、数学家、天文学家凯特勒(A. Quetelet)的努力,才完成了统计学和概率论的结合。从此,统计学才开始进入更为丰富发展的新阶段。国际统计学界有人称凯特勒为“统计学之父”,就在于他发现了大量现象的统计规律性并创造了大量的统计方法。凯特勒把统计学发展中的三个主要源泉,即德国的国势学派、英国的政治算术派、意大利和法国的古典概率派加以统一、改造并融合成具有近代意义的统计学,促使统计学向新的境界发展。可以说,凯特勒是古典统计学的完成者,又是近代统计学的先驱者,在统计发展史上具有承上启下、继往开来的地位。

同时,凯特勒也是数理统计学派的奠基人,因为数理统计就是在概率论的基础上发展起来的。随着统计学的发展,对概率论的运用逐步增加,同时自然科学的迅速发展和技术不断进步更对数理统计的方法有进一步的要求。这样,数理统计学就从统计学中分离出来自成一派。它从19世纪末以来逐步形成,由于它主要由英美等国发展起来,故又称英美数理统计学派。

(二) 社会统计学派

自凯特勒后,统计学的发展开始变得丰富而复杂起来。由于在社会领域和自然领域统计学被运用的对象不同,统计学的发展呈现出不同的方向和特色。19世纪后半叶,正当致力于自然领域研究的英美数理统计学派刚开始发展的时候,在德国却兴起了与之迥然异趣的社会统计学派。这个学派是近代各种统计学派中比较独特的一派。由于它在理论上比政治算术派更加完善,在时间上比数理统计学派提前成熟,因此它很快流行起来,对整个世界统计学界影响较大,流传较广,直至今日。

社会统计学派由德国大学教授尼斯(K. G. A. Knies)首创,主要代表人物为恩格尔(C.

L. E. Engel)和梅尔(G. V. Mayr)。他们认为,统计学的研究对象是社会现象,目的在于明确社会现象内部的联系和相互关系;统计方法应当包括社会统计调查中资料的搜集、整理,以及对其分析研究。他们认为,在社会统计中,全面调查,包括人口普查和工农业调查,居于重要地位;以概率论为根据的抽样调查,在一定的范围内具有实际意义和作用。

三、统计学的现代期

统计学的现代期为自20世纪初到现在的数理统计时期。自20世纪20年代以来,数理统计学发展的主流从描述统计学转向推断统计学。如19世纪和20世纪初的统计学教科书中主要描述统计学中的一些基本概念、资料的搜集、资料的整理、资料的图示和资料的分析等,后来逐步增加概率论和推断统计的内容。直到20世纪30年代,R. 费希尔的推断统计学才促使数理统计进入现代范畴。

现在,数理统计学的丰富程度完全可以独立成为一门宏大的学科,但它还不可能完全代替一般统计方法论。传统的统计方法虽然比较简单,但在实际统计工作中运用的频率仍然极大,正如四则运算与高等数学的关系一样。不仅如此,数理统计学主要涉及资料的分析 and 推断方面,而统计学还包括各种统计调查、统计工作制度和核算体系的方法理论、统计学与各专业相结合的一般方法理论等。由于统计学比数理统计在内容上更为广泛,因此,数理统计学相对于统计学来说不是一门并列的学科,而是统计学的重要组成部分。

从世界范围看,自20世纪60年代以后,统计学的发展有三个明显的趋势:第一,随着数学的发展,统计学依赖和吸收数学营养的程度越来越迅速;第二,向其他学科领域渗透,或者说,以统计学为基础的边缘学科不断形成;第三,随着应用的日益广泛和深入,特别是借助电子计算机后,统计学所发挥的功效愈益增强。

由统计发展史说明,统计学是从设置指标研究社会经济现象的数量开始的,随着社会的发展与实践的需要,统计学家对统计方法的不断丰富和完善,统计学也就随着不断发展和演变。从当前世界各国统计研究状况来看,统计学已不仅为研究社会经济现象的数量方面,也为研究自然技术现象的数量方面提供各种统计方法;它既为研究事物确定现象的数量方面,又为研究事物随机现象的数量方面提供各种统计方法。从统计学的发展趋势分析,它的作用与功能已从描述事物现状、反映事物规律,向进行样本推断、预测未来变化方向发展。它已从一门实质性的社会性学科,发展成为方法论的综合性学科。

第二节 统计学的研究对象和研究方法

一、统计的涵义

“统计”一词是由英语 statistics 翻译过来的。而统计一般具有统计学、统计工作